

InGaN ナノコラム蛍光発光を用いた黄色発光 LED の検討

Investigation of yellow LED using fluorescent emission from InGaN nanocolumns

豊技大¹, ALLOS², JST さきがけ³

°壁屋誠人¹, 東峰佳伸¹, 安永弘樹¹, 水口公陽¹, 西川敦², A. Loesing², 関口寛人^{1,3}

Toyohashi Tech¹, ALLOS², JST PRESTO³

°K. Kabeya¹, Y. Tomine¹, H. Yasunaga¹, K. Mizuguchi¹, A. Nishikawa², A. Loesing², H. Sekiguchi^{1,3}

E-mail: kabeya.masato.jl@tut.jp, sekiguchi@ee.tut.jp

神経科学分野において光で特定の神経の活動を時間分解能で正確に操作できる光遺伝学技術は必須の技術になってきている。我々は局所刺激、多点刺激を実現可能な新たな生体光操作ツールとして青色 μ LED を用いた神経プローブを開発してきた。これまで μ LED プローブの開発は青色光に反応し活性化する光活性化タンパク質、チャネルロドプシン(ChR2), を対象とした開発が主であったが、異なる発光色の μ LED を集積化できれば神経細胞の興奮/抑制の制御や異なる細胞種の選択的操作が可能になる。本研究では、590 nm の黄色光に反応し抑制化されるハロロドプシン(NpHR)を対象に考え、青色 LED と黄色 LED の集積化に向けた基礎検討に取り組むことにした。本研究では、貫通転位フリーで長波長でも高効率な発光が期待できる InGaN ナノコラムを青色 LED ウエハ上に形成し蛍光発光により黄色発光を得るため、黄色発光する InGaN ナノコラムの成長およびナノコラムをもつ青色 LED ウエハデバイスプロセス技術に取り組んだので報告する。

まずは黄色発光が得られる InGaN ナノコラムの成長条件を把握するため、InGaN の成長条件の検討を行った。LED ウエハ上に InGaN ナノコラムを形成すべく、Ti マスク選択成長技術を活用した。LED ウエハ上に SiO₂ を 25nm, Ti 薄膜を 10nm 堆積後、電子線描画装置およびドライエッチング法により周期 300 nm, ホール径 250 nm のナノホールパターンを形成した。RF-MBE 法により GaN ナノコラムを基板温度 890°C にて 3 時間成長した後、InGaN ナノコラムを 700-730°C で 1 時間成長した。Fig. 1(a)に示すように、規則的に並んだ高さ 900 nm の InGaN/GaN ナノコラムが作製された。Fig. 1(b)に示すように、PL スペクトルは成長条件のわずかな差によって青色、緑色、黄色の発光が得られた。今回目的とする黄色発光が得られたため、Fig. 2(a)に示すコンセプト図を示すナノコラムを上部にもつ LED の作製を試みた。LED のサイズは 50×50 μ m² である。InGaN 成長時に選択成長領域外へと成長したランダムな InGaN 結晶が電極形成の妨げになることから、ナノパターン形成時に堆積した SiO₂ 層をバッファードフッ酸によりリフトオフ除去することで取り除いた。その後、p 電極として Ni/Ag/Ni, n 電極として Ti/Au を成膜した。また隣接領域に上部にナノコラムのない青色 LED を合わせて作製した。Fig. 2(b)に作製後の LED の顕微鏡写真を示す。ナノコラムの有無にかかわらず、立ち上がり電圧 2.6V の整流特性が得られた。Fig. 3 に 10 μ A で駆動したときの規格化した EL スペクトルを示す。いずれも青色発光が得られたが、ナノコラムがもつ LED は 550-650nm の領域の発光が観測され、この結果は PL スペクトルと一致する。この結果は InGaN ナノコラム蛍光発光を用いた黄色発光 LED 実現の可能性を示すものである。謝辞:本研究の一部はさきがけ(JPMJPR1885), 光科学技術研究振興財団の援助を受けて行われた。

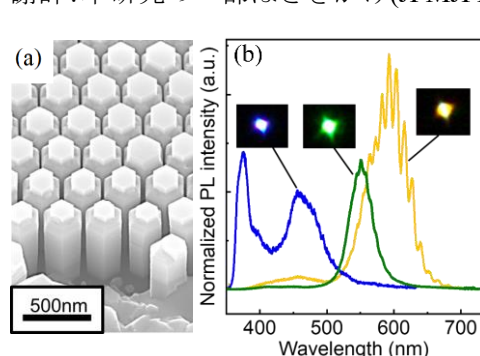


Fig.1 (a) Bird's eye view SEM image and (b) PL spectra of InGaN/GaN nanocolumns

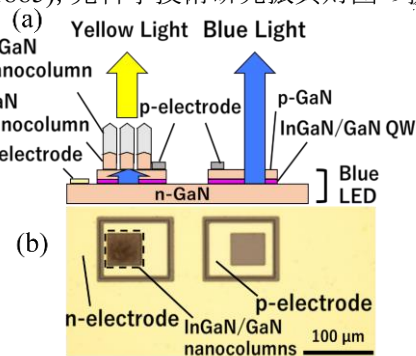


Fig. 2 (a) Conceptual diagram and (b) Optical Microscope image of blue LED with nanocolumns

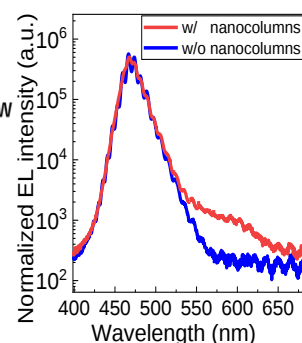


Fig. 3 EL spectra of blue LED with and without nanocolumns